

中国地质科学院

天津地质矿产研究所所刊

第 21 号

地质出版社

中国地质科学院

天津地质矿产研究所所刊

第 21 号

地质出版社

中国地质科学院天津地质矿产研究所编辑委员会

(1988年6月6日)

主编 陈晋德

副主编 薛淑芸 汪玉麟

委员

于荣炳 白瑾 卢祥生 孙大中 沈保丰 汪玉麟 陆松年 陆宗斌 陈晋德
李凤林 张文治 张翊钧 范成模 罗宝信 段承华 翟安民 薛淑芸

中国地质科学院
天津地质矿产研究所所刊
第21号

责任编辑:薛淑芸、张恩鹏

地质出版社出版发行

(北京和平里)

新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 1/16 印张: 11 铜版纸: 7页 字数: 267000

1989年7月北京第一版·1989年7月北京第一次印刷

印数: 1—1225 国内定价: 3.70元

ISBN 7-116-00462-9/P·389

目 录

鞍山和歪头山前寒武纪铁建造成因矿物学和某些地质问题·····	蒋永年 修群业 (1)
晚前寒武纪大陆漂移初探·····	张惠民 张文治 (59)
汉中钢厂晚元古代火山-侵入岩系特征及相关地层对比 ·····	任富根 孙忠和 开绍玫 党泽发 (75)
店坊金矿硫、铅同位素组成特征和成矿作用问题的探讨 ·····	任富根 杨芸英 刘玉太 (91)
中国滨海砂矿成矿机制·····	王正铤 (105)
中国滨海砂矿分布规律·····	王正铤 (119)
湖北峡东前寒武纪瓶状微化石的新发现·····	段承华 曹 芳 (129)
蓟县串岭沟组页岩相藻丝体·····	阎玉忠 (149)
〔报道〕	
天津地质矿产研究所1987年科研活动概况·····	(167)
天津地质矿产研究所1987年度在所外刊物上发表的论文统计表·····	(170)

**BULLETIN OF THE TIANJIN INSTITUTE OF
GEOLOGY AND MINERAL RESOURCES,
THE CHINESE ACADEMY OF
GEOLOGICAL SCIENCES**

No.21

CONTENTS

Genetic Mineralogy of Precambrian Iron Formation in Anshan and Waitoushan and Discussion of Some Geological Problems	<i>Jiang Yongnian and Xiu Qunye</i> (52)
Continental Drift for Late Precambrian	<i>Zhang Huimin and Zhang Wenzhi</i> (72)
The Character of the Volcanic-Intrusive Rock Series of Late Proterozoic in Gangchang, Hanzhong and the Correlation of Its Related Strata.....	<i>Ren Fugen et al.</i> (87)
The Isotopic Composition Character of Sulfur and Lead from Dianfang Gold Ore and Discussing Minerogenesis	<i>Ren Fugen et al.</i> (100)
Enrichment Mechanism of Sea Placer of China.....	<i>Wang Zengting</i> (117)
The Distributive Regularity of Sea Placer in China.....	<i>Wang Zengting</i> (128)
A New Discovery of Precambrian Vase-Shaped Microfossils in the Eastern Yangtze Gorges of Hubei Province	<i>Duan Chenghua and Cao Fang</i> (140)
Shale-Facies Algal Filaments from Chuanlinggou Formation in Jixian County	<i>Yan Yuzhong</i> (159)
[Report] Two Items of the Report.....	(167)

Edited by Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources. CAGS

(No. 4, 8th Road, Dazhigu, Tianjin, China)

鞍山和歪头山前寒武纪铁建造 成因矿物学和某些地质问题

GENETIC MINERALOGY OF PRECAMBRIAN IRON FORMATION IN ANSHAN AND WAITOUSHAN AND DISCUSSION OF SOME GEOLOGICAL PROBLEMS

蒋永年 修群业

内容提要 本文研究鞍山和歪头山前寒武纪铁建造主要矿物的成因信息,并借此探讨一些地质问题。

1. 铁建造的原矿物组合是区域变质的产物,变质程度自绿片岩相—绿帘角闪岩相(鞍山地区)至绿帘角闪岩相—角闪岩相(歪头山一带)。

2. 由于构造后热液作用频繁,铁建造发生种种变化:(1)矿层中的阳起石(I)受交代形成普通角闪石(II)或蓝透闪石。(2)矿层局部蚀变为碳酸盐蚀变岩。(3)矿层受热液交代,石英被溶失,并有阳起石(II)晶出,形成热液型富矿。

3. 据地球化学特征和稀土元素分析,鞍山地区两个矿带不是同一层位。南矿带和北矿带的上部可能属元古界,而北矿带的下部属上太古界。如果这个结论正确,则南矿带和北矿带西侧的深部有可能找到属于上太古界的铁矿。

一、前言

鞍山和歪头山是我国著名的铁矿产地,研究历史较早。过去研究工作多侧重矿床成因、地层、构造等方面,对矿物学的研究有所忽视。近来已引起人们的注意,陈光远等(1984)的《弓长岭铁矿成因矿物学》,从矿物学角度研究了贫、富矿的成因及找矿等问题,但其它矿区至今尚未进行系统研究。作者有鉴于此,并针对一些地质问题,在东西鞍山、齐大山、歪头山等矿山采集样品,研究铁建造主要矿物的基本特征,并试图用矿物的成因信息,探讨一些地质问题。

二、地质概况

工作地区的地层主要是太古界中、上鞍山群和元古界辽河群。这里根据周世泰^①和李国祥^②的资料简述如下(图1)。

① 周世泰,鞍山地区鞍山群地层层序及鞍山式铁矿成矿规律,1979。

② 李国祥,鞍山附近的辽河群,东北地质科技情报,1976第3期。

1. 地层

辽河群 { 桔山组
后坎组

上鞍山群 樱桃园组

中鞍山群 { 大峪沟组
烟龙山组
山城子组

中鞍山群:

(1) 山城子组 斜长角闪岩夹厚度不大的铁矿凸镜体, 出露厚度为1616.57m, 分布于本溪西北的歪头山、石桥子至梨树沟、土门岭一带。

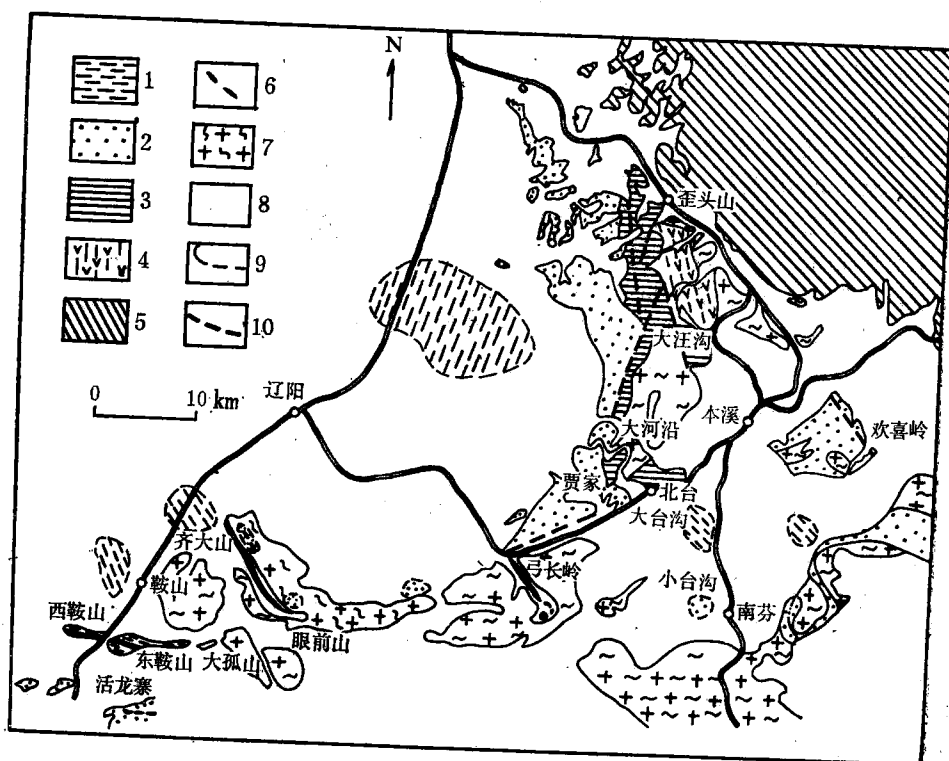


图 1 鞍本地区鞍山群分布示意图

(据周世泰, 1983)

Fig 1 Sketch map of the distribution of Anshan Group in Anshan-Benxi area, Liaoning Province

1—上鞍山群樱桃园组; 2—中鞍山群大峪沟组; 3—中鞍山群烟龙山组; 4—中鞍山群山城子组; 5—下鞍山群通什村组; 6—条带状铁矿; 7—混合花岗岩; 8—盖层; 9—实测和推测的地质界线; 10—推测断裂

(2) 烟龙山组 分布于歪头山、马尔岭、银匠堡子、棉花堡子、大汪沟至大河沿、北台一带。歪头山至上高力沟一带主要是混合岩化黑云片麻岩, 其中夹斜长角闪岩、云母石英片岩以及两个条带状铁矿矿带。但由此向南, 黑云片麻岩逐渐减少, 斜长角闪岩逐渐增多, 在大河沿、北台一带基本上由斜长角闪岩组成。最大厚度为3032.14m。

(3) 大峪沟组 以细粒黑云变粒岩为主。由于岩相变化较大,在不同地段分别夹数层斜长角闪岩、白云母石英片岩、二云变粒岩、二云片岩、石榴绿泥片岩等,并有多层条带状铁矿。分布于歪头山至北台、弓长岭、南芬、鞍山附近,以歪头山出露厚度最大,为2474.4m。

上鞍山群:

(4) 樱桃园组 主要岩性为绢云石英绿泥千枚岩或片岩、黑云变粒岩和斜长角闪岩,夹一层厚大的条带状铁矿。此外,局部还夹20—40m厚的条带状铁矿1—2层,以及铁闪片岩、阳起片岩凸镜体。上界不明,已知厚度近1000m,见于鞍山附近。

辽河群:

(5) 后坎组 主要岩性有砾岩、(含砾)石英岩及千枚岩夹铁矿。厚168m。

(6) 桔山组 主要有凝灰质砂岩、粉砂岩及白云质大理岩。厚755m。

2. 构造

本区在大地构造上位于华北地台辽东台背斜之西部,跨太子河凹陷之西部、铁岭-靖宇隆起之西南部及营口-宽甸隆起之西北部。在其范围内有辽阳向斜、本溪向斜、歪头山凸起、鞍山凸起、南芬凸起、连山关凸起。在几个凸起中有鞍山群和部分辽河群出露,而向斜中的则被盖层掩盖。

关于断裂,较老的难以辨认。燕山期构造运动形成一系列北东向断裂,其中最大的有张台子大断裂、寒岭大断裂和偏岭大断裂。据前人研究,这些大断裂将本区切成几个断块,经逆时针位移,形成现在的轮廓。

三、主要矿物的基本特征

本文仅研究鞍山附近和歪头山铁建造的主要矿物,共18个矿物种和亚种。下面分别讨论它们的基本特征及有关的成因信息。

(一) 石榴石

这里只研究4个石榴石,其中3个产于歪头山铁矿围岩或铁矿夹层中,1个产于胡家庙子ZK27孔远矿围岩中。具体产状见表1。

1. 形态和物性概述

石榴石一般呈自形一半自形,也呈聚斑状产出。晶体中常有石英、磁铁矿或(镁)铁闪石等矿物包体。

镜下无色,但常带浅红色调。均质体,未见光性异常现象。晶体上裂隙发育,有的沿晶体边缘及裂隙绿泥石化(图版I—1)。

2. 化学成分特点

石榴石的化学成分与形成条件有关,故可提供成因信息。

4个石榴石的电子探针分析结果、计算的离子数和端员分子百分比列于表1中。从表1可见,产于歪头山铁矿近矿围岩或夹层中的石榴石(No2—4),其化学成分比较稳定,端员矿物以铁铝榴石占优势(79.89—84.02%),这在红外吸收光谱出现 638cm^{-1} 和 568cm^{-1} 波数也说明以铁铝榴石为最多(图2),故它们均应定为铁铝榴石。铁铝榴石端员

表 1 铁铝榴石的化学分析
Table 1 Almandine analyses

组份	序号 样号	1	2	3	4	产 出 岩 石
		84BZ-21M	84BZ-82-1M	84BZ-85M	79A-31△	
SiO ₂		36.17	35.68	36.19	34.32	1—角闪片岩, 胡家庙子, ZK27孔
TiO ₂		0.05	0.00	0.04	0.11	2—镁铁闪石榴石岩, 歪头山, 6线
Al ₂ O ₃		21.67	21.31	21.26	19.50	Cky14孔
Cr ₂ O ₃		0.00	0.07	0.00	0.30	3—镁铁闪石榴石岩, 歪头山, 6线
FeO*		27.46	38.71	37.55	42.03	Cky14孔
MnO		7.69	0.40	0.18	0.71	4—石榴镁铁闪石岩, 歪头山, 272合
MgO		0.74	3.50	4.41	3.25	阶
CaO		5.81	0.30	0.08	0.05	△晶胞参数 $a_0 = 1.1520\text{nm}$
Na ₂ O		0.23	0.00	0.16	0.00	* 全铁以FeO表示
K ₂ O		0.02	0.00	0.07	0.00	
总和		99.94	99.97	99.94	100.00	电子探针分析者: 中国地质科学院 矿床地质研究所陈克槐
按阳离子(8)计算的离子数						
Si		2.9185	2.8803	2.8983	2.7995	
Al ^{IV}		0.0815	0.1197	0.1017	0.2005	
Al ^{VI}		1.9802	1.9078	1.9059	1.6750	
Cr		0.0000	0.0049	0.0000	0.0020	
Ti		0.0029	0.0000	0.0024	0.0069	
Fe ³⁺		0.1333	0.2068	0.2229	0.5097	
Fe ²⁺		1.7199	2.4067	2.2919	2.3579	
Mn		0.5256	0.0272	0.0120	0.0490	
Mg		0.0892	0.4210	0.5264	0.3951	
Ca		0.5111	0.0257	0.0067	0.0044	
Na		0.0359	0.0000	0.0250	0.0000	
K		0.0019	0.0000	0.0067	0.0000	
端 员 分 子 百 分 比						
铁铝榴石		59.64	83.55	79.89	84.02	
镁铝榴石		3.09	14.62	18.35	14.08	
锰铝榴石		18.23	0.94	0.42	1.75	
钙铁榴石		11.95	0.89	1.34	0.00	
钙铝榴石		7.08	0.00	0.00	0.16	

分子如此之高, 反映沉积环境中铁的浓度较高。

产于胡家庙子 ZK 27 孔远矿围岩中的石榴石 (No.1) 具有比较特殊的化学成分特点, CaO, MnO 明显增高。由于 Mn 参加晶格, 则 FeO 的含量相应降低, 端员分子比发生明显的变化, 铁铝榴石为 59.64%, 锰铝榴石为 18.23%。尽管铁铝榴石端员分子降低, 但其百分比仍占半数以上, 该石榴石仍应定为铁铝榴石或铁铝榴石-锰铝榴石, 这反映沉积时铁的浓度不高。从以上分析可以看出, 石榴石的形成, 除了温压条件外, 沉积环境中铁的浓度对石榴石的化学成分影响很大, 愈接近矿体, 石榴石的含铁量愈高, 故含铁量高的铁铝榴

石可以作为在铁建造分布区预测铁矿层的标志。

3. 成因讨论

(1) 产状与成因的联系 大部分含铁铝榴石的岩石 (No. 2—4) 是铁矿的近矿围岩或夹层, 呈层状, 与磁石英岩相伴产出, 故应属于沉积变质作用的产物, 物质来自海底火山喷发。至于 No. 1 铁铝榴石产于与含黑硬绿泥 (角闪) 石英岩呈互层的角闪片岩中, 故也属于沉积变质成因。

(2) 变质程度的估测 据前人研究, 石榴石的变质程度与某些化学成分有一定的关系。斯图特和阿瑟顿研究苏格兰高地时指出, 在石榴石等变度上, 铁铝榴石约含 5—6% MnO 和 6—9% CaO。随着温度升高, MnO 和 CaO 含量迅速降低, 而 FeO 和 MgO 则增加。No. 1 铁铝榴石含有较高的 MnO 和 CaO, 除了原岩成分外, 与变质程度较低有一定的关系。

4 个铁铝榴石在 (钙铝榴石 + 钙铁榴石 + 钙铬榴石) - (铁铝榴石 + 锰铝榴石) - 镁铝榴石三角图 (图 3) 上投点, 它们均落在绿帘角闪岩相和角岩相区与角闪岩相区的重叠区内。从产状考虑, 应排除角岩相, 故变质程度应为绿帘角闪岩相 - 角闪岩相。

(3) 温度和压力的估测 利用格列鲍维斯基等 (1977) 的共存石榴石 - 黑云母之间的镁分配等温线图, 估测 No. 3 石榴石 - 黑云母矿物对的变质温度为 650℃ (详见图 4 和表 2)。这个温度值似乎可代表歪头山铁矿中石榴石的变质温度。

关于压力, 可根据已知温度 (650℃) 在 $t-\bar{k}$ 图解 (据格列鲍维斯基, 1977) 上推定。图中 $t=650^{\circ}\text{C}$, $\bar{k}=x_{\text{Mg}}^{\text{Qtz}}/x_{\text{Mg}}^{\text{Bt}}=0.186/0.525=0.354$, $\ln \bar{k}=-1.038$, 推定的压力为 580 MPa。

至于 No. 1 铁铝榴石, 因其不与黑云母共生, 既不能估测温度, 也不能推断压力。但因角闪片岩中的角闪石是冻蓝闪石来看, 该铁铝榴石是在低温高压下形成的。

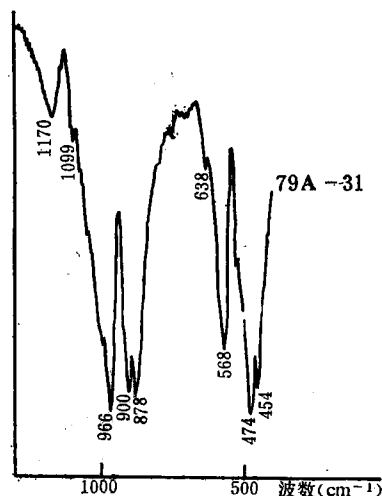


图 2 铁铝榴石的红外吸收光谱
Fig. 2 Infra-red absorption spectra of almandines

(二) 普通辉石

这里研究六个样品。根据 Poldervaart 和 Hess (1951) 的 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ - $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ - $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ 系统的单斜辉石分类命名, 它们都属于普通辉石 (图 5)。它们部分产于磁石英岩中, 部分产于基性和超基性变质岩中, 具体产状见表 3。

1. 形态和物性概述

多半呈粗粒状、短柱状, 与共存的矿物阳起石 (磁石英岩中) 或普通角闪石 (基性超基性变质岩中) 的接触界线比较清楚 (图版 I-2), 为两者平衡共生证据之一。

镜下无色或浅绿色, 多色性不明显。二级橙、绿、红干涉色。解理 // {110}, 交角为 93° 和 87°。 $Ng \wedge C = -41^{\circ} - -45^{\circ}$, 二轴 (+)。

2. 化学成分特点

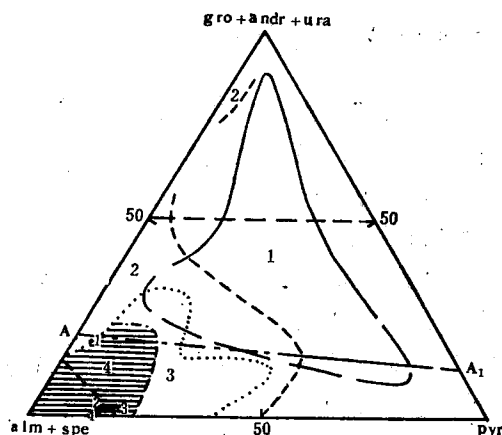


图 3 不同变质相的石榴石成分区间图
(据索波列夫, 1967)

Fig. 3 Compositional field diagram for garnets of different metamorphic facies
1—榴辉岩相; 2—麻粒岩相; 3—角闪岩相; 4—绿帘角闪岩相和角闪岩相; AA₁—为与无钙的铁镁矿物共生的石榴石 (此线以下) 和含钙的铁镁矿物共生的石榴石 (此线以上) 之间的界线

表 2 石榴石-黑云母的主要组份和估测的温度

Table 2 Main components in garnet-biotite pair (No. 3) and temperature derived

矿 物	Mg	Fe ²⁺	Mn	$\frac{\text{Mg}}{\text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Mn}}$	温度 (°C)
石 榴 石	0.5264	2.2919	0.0120	0.186	650
黑 云 母	0.4056	1.2649	0.0072	0.525	

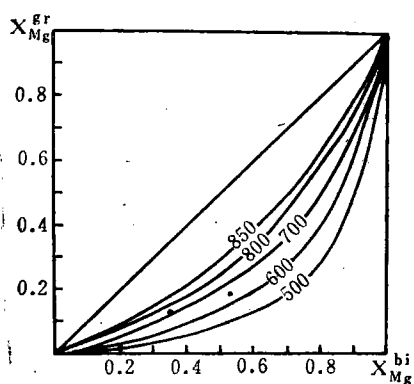


图 4 共存的石榴石-黑云母镁分配和变质温度的关系

Fig. 4 Relation between distribution of Mg in coexisting garnet-biotite pairs and metamorphic temperatures

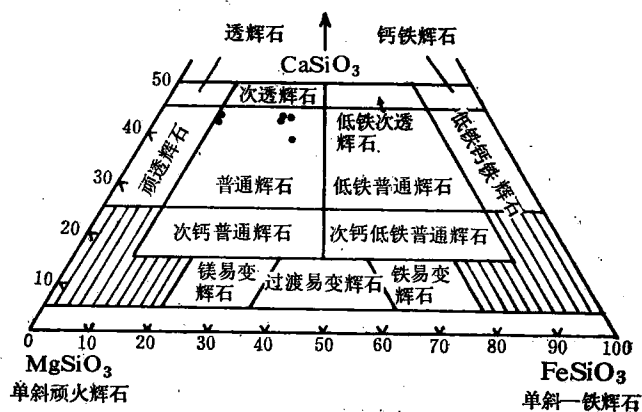


图 5 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ - $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ - $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ 系统的单斜辉石分类命名

Fig. 5 Nomenclature of clinopyroxenes in system $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ - $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ - $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$

表 3 普通辉石的化学分析
Table 3 Augite analyses

序号 组份	1	2	3	4	5	6	产 出 岩 石
	84BZ- 29-1M	84BZ- 47M(2)	84BZ- 66M(2)	84BZ- 72M(1)	84BZ- 118M(2)	84BZ- 139M(1)	
SiO ₂	47.82	50.61	49.50	49.39	50.90	51.65	1—普通辉阳起磁铁石英岩
TiO ₂	1.28	0.35	1.77	1.65	0.44	0.23	2—阳起普通辉磁铁石英岩
Al ₂ O ₃	6.55	1.79	6.50	6.71	1.87	1.58	3—磁铁普通辉角闪石岩
Cr ₂ O ₃	—	—	0.01	0.01	—	—	4—普通辉阳起磁铁石英岩
FeO*	14.01	12.99	6.04	6.21	13.05	13.08	5—黑云斜长普通辉石岩
MnO	0.01	—	0.39	0.37	—	0.01	6—磁铁角闪普通辉石岩
MgO	10.93	11.44	14.99	15.06	11.42	10.67	* 全铁计算为FeO
CaO	16.44	19.81	19.22	19.47	19.49	19.25	样品由中国地质科学院矿床
Na ₂ O	2.78	1.66	0.43	0.33	1.94	1.82	地质研究所陈克槐分析
K ₂ O	0.32	0.34	0.27	0.31	0.33	0.42	
总和	100.14	98.99	99.12	99.51	99.44	98.71	
计 算 的 离 子 数							
Si	1.7720	1.9138	1.8332	1.8225	1.9121	1.9634	
Al ^{IV}	0.2280	0.0800	0.1668	0.1775	0.0826	0.0366	
Al ^{VI}	0.0584	0.0000	0.1171	0.1143	0.0000	0.0342	
Ti	0.0356	0.0100	0.0494	0.0459	0.0124	0.0065	
Cr ³⁺	—	—	0.0004	0.0004	—	—	
Fe ³⁺	0.3133	0.2104	0.0000	0.0093	0.2278	0.1444	
Fe ²⁺	0.1209	0.2004	0.1871	0.1823	0.1821	0.2714	
Mn	0.0002	—	0.0122	0.0115	—	0.0002	
Mg	0.6037	0.6447	0.8274	0.8282	0.6392	0.6045	
Ca	0.6529	0.8026	0.7626	0.7699	0.7844	0.7840	
Na	0.2000	0.1218	0.0307	0.0235	0.1436	0.1339	
K	0.0151	0.0164	0.0129	0.0146	0.0158	0.0207	
Mg	35.70	34.70	46.24	45.98	34.86	33.50	
ΣFe	25.69	22.11	11.14	11.28	22.36	23.05	
Ca	38.61	43.19	42.62	42.73	42.78	43.45	

表 3 列出六个普通辉石的电子探针分析和计算的离子数。CaO 和 MgO 的含量比较稳定，只是FeO的含量变化较大，部分在6%左右，部分在13%左右，这些差异似与 MgO 的含量呈反消长关系。Al₂O₃的含量也有某些变化，部分在6.5%左右，部分在1.58—1.87%，似乎也与SiO₂的含量呈反消长关系。至于碱质，总的看来含量较高，Na₂O总是大于K₂O。

按前人研究的资料，齐大山和歪头山铁建造的变质程度分别属于绿帘角闪岩相和角闪岩相。本文普通辉石的形成条件基本类似，它们的化学成分变化主要受原岩成分的控制，其中尤以产于磁铁石英岩中的更为明显。

3. 成因讨论

6 个普通辉石的主岩大致可分为两类，反映不同的成因类型。

(1) 产于基性超基性变质岩中的普通辉石 (No. 3, 5和6)，其主要共生矿物是普通角闪石 (或黑云母) 和斜长石。利用普通辉石-普通角闪石和普通辉石-黑云母矿物对的

表 4 普通辉石-普通角闪石和普通辉石-黑云母矿物对地质温度计参数和温度

Table 4 Parameters for augite—common hornblende and augite—biotite pairs and calculated temperatures

样 号	矿物名称	Mg	<Fe>	Mn	X _{Mg}	t (°C)
84BZ—139M	普通辉石	0.6118	0.4208	0.0002	0.5924	630
	钙镁闪石质普通角闪石	2.9500	1.9137	0.0060	0.6058	
84BZ—118M	普通辉石	0.6392	0.4099	—	0.6093	624
	黑 云 母	1.7526	1.0377	0.0004	0.5900	

$$X_{Mg} = Mg / (Mg + Fe^{3+} + Fe^{2+} + Mn)$$

X_{Mg}在彼尔丘克^[10]相图上估测的变质温度分别为630℃和624℃，相当于角闪岩相的变质温度(表4)。

(2) 产于磁铁石英岩中的普通辉石(No. 1, 2和4)主要与阳起石共存。镜下所见两者接触界线比较平直, 它们之间不存在交代关系, 应视为共生。至于它们的平衡温度, 因缺乏可利用的相图而不能估测。据都城(1972)^[4]研究, 在钙质变质沉积岩中, 透辉石大致在角闪岩相的开端开始出现。因此, 本文的普通辉石是可以在角闪岩相变质条件下形成的。如原岩成分适宜, 可与阳起石共生。有关这方面的成因细节, 将在后面章节中详加讨论。

(三) 钙 质 闪 石

本区钙质闪石有普通角闪石和阳起石。从成因来看, 普通角闪石有两个世代, 一是产于基性超基性变质岩(包括斜长角闪岩)中, 是区域变质作用形成的(I), 另一产于磁铁石英岩和磁铁富矿中, 系热液交代矿层中阳起石的产物(II)。阳起石也分两个世代。阳起石(I)产于磁铁石英岩中, 是区域变质作用形成的, 只是在形成后遭受热液交代, 部分已转变为普通角闪石的一些亚种。阳起石(II)产于磁铁富矿和蚀变岩(如阳起石岩)中, 是富铁矿化过程中形成的。以下讨论它们的基本特征。

1. 形态和物性概述

普通角闪石呈柱状, 少数作为阳起石的镶边(图版 I—3)。阳起石除了呈长柱状的, 还有呈不定向的细小晶体, 它们往往以集合体(束状、似放射状)出现, 多见于磁铁富矿和阳起石岩中(图版 I—4)。

普通角闪石的颜色变化大, 产于斜长角闪岩和基性超基性变质岩中的呈绿色、蓝绿色, 多色性明显, Ng绿色、蓝绿色, Nm黄绿色, Np淡黄绿色、淡黄色。产于磁铁石英岩中的多为无色或带浅绿、浅褐色调, 少数呈淡绿、蓝灰或浅蓝绿色, 没有多色性或多色性不明显。NgAC = -18°—30°, 二级干涉色。具两组柱式解理, 但有的不发育。二轴(-)。

阳起石多为无色, 有的微带浅绿、浅灰绿色调, 多色性不明显, 只有富含铁的亚种显示比较明显的多色性: Ng蓝绿色, Nm灰绿色, Np淡黄色, 实际上已不同程度地向普通

表 5 钙质闪石的化学分析
Table 5 Ca-amphibole analyses

序号 样号 矿物 组份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	产出岩石
	84BZ-19M	84BZ-25M	84BZ-27M	84BZ-29-1M	84BZ-39M	84BZ-41M	84BZ-42-1M	84BZ-47M	84BZ-64M	
	亚铁阳起石	亚铁镁钙闪石质普通角闪石	镁普通角闪石	阳起石	阳起石质普通角闪石	阳起石质普通角闪石	镁普通角闪石	阳起石	亚铁阳起石质普通角闪石	
SiO ₂	53.04	43.26	48.15	53.77	51.89	51.99	44.75	53.60	48.97	1—含黑硬绿泥阳起磁铁矿石英岩(胡家庙子, ZK27孔) 2—斜长角闪岩(胡家庙子, ZK27孔) 3—黑云斜长角闪岩(胡家庙子, ZK27孔) 4—普通辉阳起磁铁矿石英岩(胡家庙子, ZK27孔) 5—角闪磁铁矿石英岩(胡家庙子, ZK27孔) 6—石榴角闪磁铁矿石英岩(胡家庙子, ZK27孔) 7—蚀变黑云角闪磁铁矿石英岩(胡家庙子, ZK27孔) 8—阳起普通辉磁铁矿石英岩(歪头山, CKy38孔) 9—角闪石英岩(歪头山, CKy15孔) * 全铁计算为FeO
TiO ₂	0.18	0.49	0.81	0.45	0.65	0.80	0.77	0.39	0.14	
Al ₂ O ₃	2.89	11.28	6.16	2.62	1.98	2.43	10.38	2.22	0.59	
Cr ₂ O ₃	—	0.05	—	—	—	—	—	—	0.04	
FeO*	25.48	23.38	17.06	13.20	15.81	13.04	16.29	13.17	27.14	
MnO	0.11	0.89	0.70	0.77	0.10	0.56	0.02	0.80	0.47	
MgO	4.56	7.22	13.10	15.04	14.69	17.11	11.47	15.81	8.75	
CaO	11.00	11.89	11.82	11.58	12.36	12.20	12.00	11.27	11.61	
Na ₂ O	0.89	0.94	1.59	0.44	0.82	0.46	1.34	0.82	0.17	
K ₂ O	0.01	0.49	0.01	0.51	0.47	0.08	0.74	0.41	0.00	
总和	98.16	99.89	99.40	98.38	98.77	98.67	97.76	98.49	97.88	
NgAC	18°	24°	24°-26°	20°	18°-26°	20°	19°	20°	25°	
计 算 的 离 子 数										
Si	8.1320	6.3886	6.9243	7.6559	7.5032	7.3301	6.5885	7.5930	7.4071	
Al ^{IV}	0.0000	1.6114	1.0439	0.3441	0.3371	0.4033	1.4115	0.3711	0.1054	
Fe ²⁺	0.0000	0.0000	0.0318	0.0000	0.1597	0.2666	0.0000	0.0359	0.4875	
Al ^{VI}	0.5233	0.3531	0.0000	0.0957	0.0000	0.0000	0.3898	0.0000	0.0000	
Fe ³⁺	0.0000	1.0281	0.8120	0.3665	0.2095	0.6935	0.5433	0.6020	0.1217	
Ti	0.0212	0.0541	0.0873	0.0479	0.0704	0.0847	0.0849	0.0417	0.0164	
Cr ³⁺	—	0.0054	—	—	—	—	—	—	0.0055	
Fe ²⁺	3.2668	1.8591	1.2076	1.2052	1.5424	0.5776	1.4623	0.9224	2.8240	
Mn	0.0147	0.1118	0.0855	0.0933	0.0122	0.0669	0.0027	0.0962	0.0600	
Mg	1.0420	1.5884	2.8076	3.1914	3.1655	3.5956	3.5170	3.3377	1.9725	
Ca	1.8066	1.8815	1.8216	1.7668	1.9151	1.8427	1.8933	1.7110	1.8816	
Na	0.2653	0.2670	0.4442	0.1215	0.2294	0.1254	0.3822	0.2247	0.0491	
K	0.0018	0.0920	0.0017	0.0924	0.0869	0.0136	0.1398	0.0749	0.0000	
OH	1.2900	1.9946	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	

(中国地质科学院矿床地质研究所陈克楠分析)

序号 样号 矿物 组份	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	产出岩石
	84B-52M	84B-53M	84B-54M	84B-62M	84B-67M(1)	84B-67M(2)	84B-73M	79A-32	79A-37	79A-38	
	阳起石质普通角闪石	阳起石	阳起石	亚铁非闪石质普通角闪石	阳起石	阳起石	阳起石质普通角闪石	阳起石	阳起石	阳起石质普通角闪石	
SiO ₂	50.42	53.18	52.69	42.10	54.03	56.82	52.06	54.07	56.25	53.97	19—阳起磁铁富矿(歪头山, Fe ₂)
TiO ₂	—	0.17	0.23	0.65	0.41	0.00	0.17	0.15	0.24	0.77	20—碳酸盐蚀变岩(歪头山, Fe ₂)
Al ₂ O ₃	2.22	2.01	1.54	13.58	2.03	0.29	2.28	0.74	0.67	2.03	21—碳酸盐蚀变岩(歪头山, Fe ₂)
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	—	0.00	—	0.20	0.00	—	22—角闪磁铁石英岩(歪头山南区)
FeO*	14.88	13.28	15.38	17.96	12.17	8.55	16.64	17.76	10.28	13.11	23—阳起磁铁石英岩(歪头山北区236平台)
MnO	0.07	0.50	0.81	0.36	0.41	0.37	0.26	0.34	0.09	0.60	24—阳起磁铁石英岩(歪头山北区236平台)
MgO	15.26	16.60	14.23	10.49	15.89	16.19	14.71	13.56	15.63	16.41	25—角闪磁铁石英岩(歪头山南区, Fe ₂)
CaO	13.79	11.77	11.34	10.35	12.20	15.36	11.09	10.91	14.09	10.89	26—阳起磁铁石英岩(歪头山272平台, Fe ₂)
Na ₂ O	0.13	0.60	0.45	1.68	0.70	0.19	0.84	0.17	0.44	0.22	27—阳起磁铁石英岩(歪头山248平台, Fe ₂)
K ₂ O	0.03	0.05	0.11	0.73	0.09	0.10	0.23	0.03	0.20	0.23	28—斜长角闪岩(歪头山, 248平台)
总和	96.80	98.16	96.78	97.90	97.93	97.87	98.55	97.99	97.89	98.23	
Ng/AC	27°	16°	18°	23°	20°	20°	26°			24°	
计算的离子数											
Si	7.4241	7.5196	7.7029	6.3149	7.7241	8.3234	7.4247	7.7610	8.1987	7.7275	
Al ^{IV}	0.3858	0.3348	0.2653	1.6851	0.2759	0.0000	0.3839	0.1259	0.0000	0.2725	
Fe ²⁺	0.1901	0.1456	0.0318	0.0000	0.0000	0.0000	0.1914	0.1131	0.0000	0.0000	
Al ^{VI}	0.0000	0.0000	0.0000	0.7161	0.0660	0.0493	0.0000	0.0000	0.1156	0.0699	
Fe ³⁺	0.1532	0.3099	0.3953	0.1957	0.1744	0.0000	0.5399	0.7768	0.0000	0.0000	
Ti	—	—	0.0255	0.0730	0.0438	0.0000	0.0180	0.0164	0.0263	0.0826	
Cr ³⁺	—	—	—	—	—	0.0000	0.0309	0.0224	0.0000	—	
Fe ²⁺	1.4891	1.1147	1.4536	2.0577	1.2807	1.0475	1.2534	1.2423	1.2533	1.5701	
Mn	0.0088	0.0595	0.0744	0.0460	0.0498	0.0458	0.0317	0.0414	0.0114	0.0731	
Mg	3.3489	3.4981	3.1000	2.3453	3.3853	3.5341	3.1262	2.9007	3.3947	3.5015	
Ca	2.1757	1.7835	1.7762	1.6639	1.8683	2.4109	1.6951	1.6776	2.2001	1.6708	
Na	0.0372	0.1648	0.1283	0.4885	0.1941	0.0546	0.2331	0.0466	0.1244	0.0602	
K	0.0053	0.0085	0.0211	0.1388	0.0172	0.0194	0.0411	0.0052	0.0368	0.0413	
OH	2.0288	2.3946	2.0000	1.8043	2.0000	0.4079	2.0000	2.0000	0.8730	2.0000	

角闪石过渡, $Ng\wedge C = -16^\circ - -20^\circ$, 二级干涉色。两组柱式解理, 有的不发育, 二轴(-)。

2. 化学成分特点

15个普通角闪石和13个阳起石的电子探针分析结果和计算的离子数见表5。钙质闪石的共同特点是富钙、镁、铁。钙比较稳定, 而镁和铁的含量变化幅度较大。因镁、铁类质同象置换普遍, 故两者呈反消长关系(图6和图7)。Al和 Fe^{3+} 含量变化幅度也大, 平均值从Hb(I)、Hb(II)至Act逐渐降低(表6)。至于Na和K也有类似的变化趋势。

由于大部分闪石的 $Si < 8$, 则相当数量的 Al^IV 和 Fe_{Σ}^{3+} 进入四面体空隙, 所产生的电价差由 $(Al^IV + Fe_{\Sigma}^{3+})$ 和 $(Na + K)$ 参加晶格得以补偿, 故 $(Al^IV + Fe_{\Sigma}^{3+})$ 均与 $(Al^IV + Fe_{\Sigma}^{3+})$ 和 $(Na + K)$ 呈正相关(图8, 9, 10和11)。

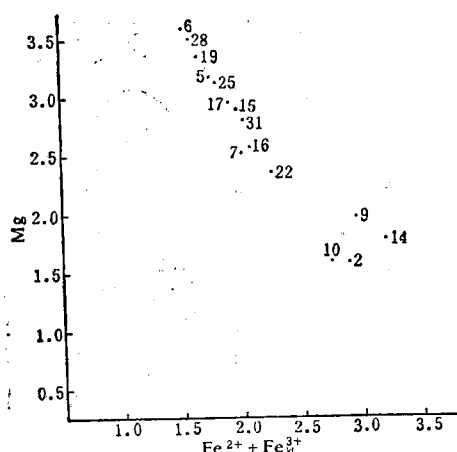


图 6 普通角闪石的Mg— $(Fe^{2+} + Fe^{3+})$ 图解

Fig. 6 Mg— $(Fe^{2+} + Fe^{3+})$ diagram for common hornblende

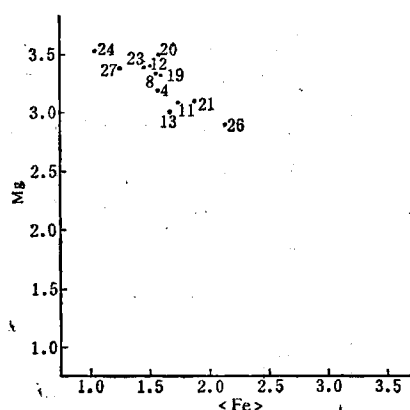


图 7 阳起石的Mg— $\langle Fe \rangle$ 图解

Fig. 7 Mg— $\langle Fe \rangle$ diagram for actinolites

表 6 钙质闪石的某些组份

Table 6 Some components in Ca-amphiboles

矿 物	Ca	Mg	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Al	Na	K
Hb(I)	1.6708—	1.5581—	0.4723—	0.0000—	0.3424—	0.0602—	0.0017—
	1.8895	3.5015	1.9960	1.4414	1.9899	0.5556	0.2928
	1.7538	2.4990	1.3361	0.8642	1.4762	0.3207	0.1087
Hb(II)	1.6653—	1.7755—	0.3666—	0.1217—	0.1054—	0.0372—	0.0000—
	2.1757	3.3956	2.8240	1.5949	1.7157	0.3944	0.1398
	1.8445	2.7754	1.4172	0.6526	0.7757	0.2156	0.0590
Act	1.6951—	1.0420—	0.9224—	0.0000—	0.0493—	0.0466—	0.0000—
	2.4109	3.5341	3.2668	0.8899	2.4012	0.2653	0.1388
	1.9076	3.0387	1.4840	0.2664	0.4440	0.1548	0.0347

注: 横线下的数字为平均值